

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-299755

(43)Date of publication of application : 11.10.2002

(51)Int.Cl. H01S 5/0625  
G02B 5/18  
H01S 5/125

(21)Application number : 2002-045726 (71)Applicant : ALCATEL  
(22)Date of filing : 22.02.2002 (72)Inventor : JACQUET JOEL

(30)Priority

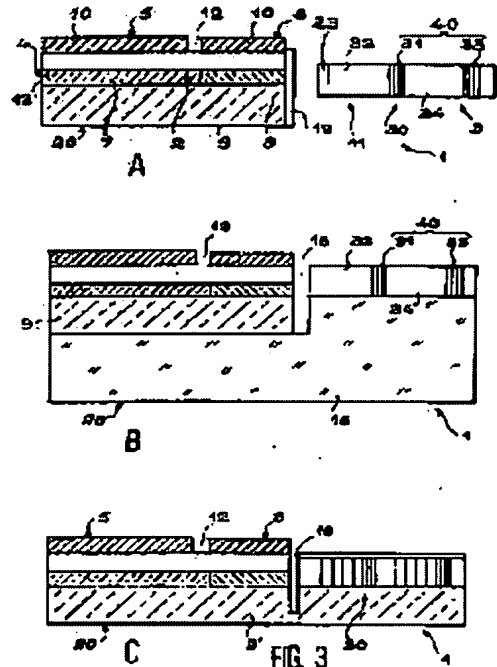
Priority number : 2001 200102490 Priority date : 23.02.2001 Priority country : FR

## (54) LASER WHICH IS RAPIDLY TUNABLE OVER WIDE BAND

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser which is tunable in a small frequency intervals, over a wide wavelength range.

SOLUTION: The wavelength-tunable laser 1, tunable of comprises a resonant cavity 2 by a semiconductor, coupled to sampled Bragg reflector gratings 31, 33 having a reflectivity peak in an optical frequency N, and the cavity 2 forms an amplifying section 5 coupled to the tuning section 6 of the phase, and is formed of two opposed reflector elements 13, 13' having no wavelength selectivity. The optical length of the cavity is adjustable by electro-optical effect, in response to a control voltage applied thereto. The laser is obtained which is rapidly tunable over wide frequency range.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-299755

(P2002-299755A)

(43) 公開日 平成14年10月11日 (2002. 10. 11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	デマコト* (参考)
H 0 1 S 5/0625		H 0 1 S 5/0625	2 H 0 4 9
G 0 2 B 5/18		C 0 2 B 5/18	5 F 0 7 3
H 0 1 S 5/125		H 0 1 S 5/125	

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-45726(P2002-45726)  
(22) 出願日 平成14年2月22日 (2002. 2. 22)  
(31) 優先権主張番号 0 1 0 2 4 9 0  
(32) 優先日 平成13年2月23日 (2001. 2. 23)  
(33) 優先権主張国 フランス (F R)

(71) 出願人 391030332  
アルカテル  
フランス国、75008 パリ、リュ・ラ・ボ  
エティ 54  
(72) 発明者 ジョエル・ジャケ  
フランス国、91470・リムール、リュ・ド  
ウ・ウルボワ、33  
(74) 代理人 100062007  
弁理士 川口 義雄 (外4名)

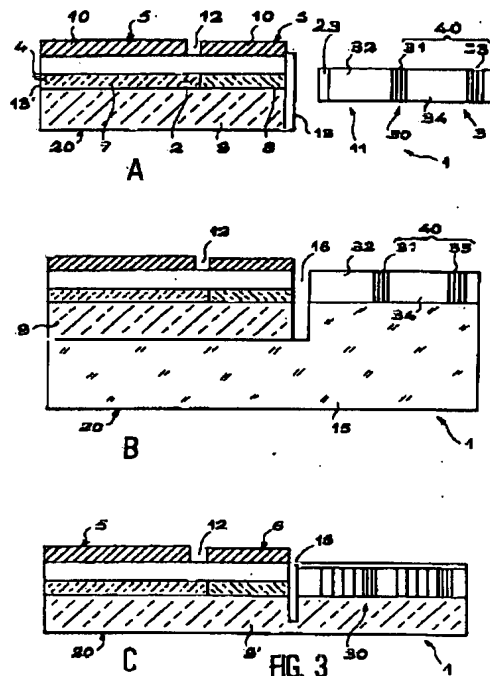
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 迅速かつ広帯域にわたって同調可能なレーザ

(57) 【要約】

【課題】 広い波長範囲で小さな周波数間隔で同調可能なレーザを提供すること。

【解決手段】 波長において同調可能なレーザ1は、光周波数Nについて反射率ピークを有するサンプリングされたブラッグレフレクタ格子31、33に結合された半導体による共振空洞2によって構成される。共振空洞2は、位相の同調区間6に結合された増幅区間5を画定し、波長選択性でない向かい合った2つのレフレクタエレメント13、13'で形成される。空洞の光学的長さは、そこに加えられる制御電圧に応じた電気光学効果によって調整可能である。広い周波数帯において迅速に同調可能なレーザが得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学増幅媒質(7)を含む第1の共振空洞(2)と、第2の空洞(11)を画定する前記第1の空洞(2)の外部レフレクタ(3)とを有する波長同調可能レーザ(1)であって、前記レフレクタ(3)が、整数Nの光周波数について反射率ピークを有し、第1の空洞(2)が、位相同調の第2の活性区間(6)に結合された第1の増幅活性区間(5)を画定する、波長選択性でない向かい合う2つのレフレクタエレメント(13'、13、23)で形成され、2つの区間(5、6)の各々は、固有の電源に接続可能であり、前記第2の活性区間(6)は、前記第2の活性区間(6)に加えられた電圧に応じた電気光学効果によって調整可能な有効群屈折率を有し、前記第1および第2の活性区間(5、6)は、前記第1の空洞(2)のいずれか2つの共振モードの光周波数間の差が、前記レフレクタ(3)のいずれか2つの反射率ピークの光周波数間の差に等しくならないように寸法決めされることを特徴とする波長同調可能レーザ。

【請求項2】 反射率ピークの隣接するいずれか2つの光周波数間の差が一定であり、前記反射率ピークの光周波数が、共振モードの連続する光周波数と交互配置されることを特徴とする、請求項1に記載の波長同調可能レーザ(1)。

【請求項3】 2つの共振モードの隣接する2つの光周波数間の差と、反射率ピークの隣接する2つの光周波数間の差との比が、 $N/(N-1)$ に等しいことを特徴とする、請求項2に記載の波長同調可能レーザ(1)。

【請求項4】 外部レフレクタ(3)が、第1の空洞(2)に光学的に結合され、サンプリングされた少なくとも1つのブラッグレフレクタ格子(40)を有する導波路(30)であることを特徴とする、請求項1から3のいずれか一項に記載の波長同調可能レーザ(1)。

【請求項5】 導波路(30)が、サンプリングされた複数のブラッグレフレクタ格子(40)を有し、第1の格子の各サンプル(30、31)が、場合によっては最初と最後を除いて、第2の格子の連続する2つのサンプル(31'、33')間に存在することを特徴とする、請求項4に記載の波長同調可能レーザ(1)。

【請求項6】 導波路(30)のサンプリングされたブラッグ格子が、一定でないピッチを有することを特徴とする、請求項4または5に記載の波長同調可能レーザ(1)。

【請求項7】 第1空洞(2)が、第1区間(5)の第1の外側面(13')と第2区間(6)の外側面(13)との間に形成されることを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の波長において同調可能レーザ(1)。

【請求項8】 第1空洞(2)が、第1区間(5)の第1の外側面(13')と前記レフレクタ(3)の入射面

(23)との間に形成されることを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の波長同調可能レーザ(1)。

【請求項9】 第2の位相同調区間(6)の有効群屈折率の変化が、フランツケルディッシュ効果によって得られることを特徴とする、請求項1から8のいずれか一項に記載の波長同調可能レーザ(1)。

【請求項10】 第2の位相同調区間(6)の有効群屈折率の変化が、量子閉じ込めシュタルク電気光学効果によって得られることを特徴とする、請求項1から8のいずれか一項に記載の波長同調可能レーザ(1)。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、同調可能なレーザの領域に関する。放射波長が調整可能なレーザが対象となる。このようなレーザの使用は、波長多重化(英語の「Wavelength Division Multiplexing」から「WDM」と呼ばれる)を使用する光通信システムにおいてとりわけ有利である。

## 【0002】

【従来の技術】波長が調節できるレーザがすでに知られている。本明細書の最後に参考として挙げられる文献(1)は、分散ブラッグレフレクタ(英語の「Distributed Bragg Reflector」から「DBR」と呼ばれる)を有する同調可能なレーザについて記載している。このレーザ装置は、レーザを同調させることができ、調整電圧が加えられるブラッグ区間に端と端とを合わせた増幅区間を有する。2つの波長調整メカニズムが、このレーザに認められた。一方は、ブラッグ区間への電流の標準投入に基づき、他方は、電気光学効果による屈折率を調整することができる逆バイアス電圧を加えることに基づいている。これら2つのメカニズムを含むこのレーザの同調の全範囲は、規則正しく3.5オングストロームの間隔をあけた31モードをともない、1.56 $\mu\text{m}$ の波長の回りにおよそ120オングストロームである。これらのうちの25モードは、1.6ボルトの電圧変化をとまなうブラッグ区間の順バイアスによって得られ(電流投入)、残りの6モードは、4ボルトの電圧変化をとまなうこの同一区間の逆バイアスによって得られる(電気光学効果)。電気光学効果を受けるこのような装置では、500psの2つの波長間の切替え時間を得ることができ、それは切替えられた波長間の偏差とは無関係に行われると説明される。これらの切替え時間は、電流投入の場合には数ナノ秒まで増大する。

【0003】電流投入により同調可能なレーザは、現在もっとも幅広く使用されている。しかしながら、同調の獲得最低時間は、同調区間における搬送波の寿命によって課せられる。文献(1)によれば、500ピコ秒の短い時間は、電気光学効果によって得られた。この相対的

迅速性は、(1)によれば、25オングストロームに限定される同調範囲と引き換えに得られる。

【0004】他の原理を使用する同調可能なレーザは、本明細書の最後に参考として挙げる文献(2)に記載されている。この文献は、ピッチごとの同調が、サンプリングされた(echantillonée)ブラッグ格子を有するファイバによって画定された外部空洞型レーザを用いて得られるレーザについて記載している。この文献の図1に示されたレーザ装置は、ファブリーペローの空洞を形成するレーザダイオードを備える。このレーザダイオードは、サンプリングされたブラッグ格子を有する光ファイバに連結され、この格子は、反射の主な8つのピークを有する。ファイバに面するダイオードの前面は、 $5 \times 10^{-3}$ の反射率を有する反射防止層を有する。このように製作されたレーザ装置は、ファイバのブラッグ格子の反射ピークに対応する波長の各々について、単一モードで作動する。単一モードでの作動は、103GHzのフリースペクトル間隔(ISL)を有する、薄いファブリーペロー空洞にいたる前面の小さな反射率によって可能になる。ゲインの条件は、ファブリーペローの空洞の残留モードが、ファイバの反射ピークに対応する波長のいずれか1つと一致する波長を有する場合に満たされる。(2)には、この装置が、1551.09nmから1556.66nmにいたる波長について、すなわちおよそ6nmの両端同調波長間の間隔について、放射光周波数が、100GHzのピッチごとに調整可能なレーザ装置を製作することができたと説明される。波長の変化は、レーザダイオードのゲイン媒質内に投入された電流の変化によって得られる。同調波長の広い範囲を追求すると、大きな電流の投入、したがって放射出力の大きな変化を招く。さらに、屈折率の変化によって得られた調整は主に、構造の加熱に関連し、効果、したがって同調性は非常に遅い(ms)。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】以上に説明した従来の技術に対して、本発明は、ただ1つの制御パラメータに対する働きかけによって、簡単に、およそ100nm以上の広い波長範囲において同調することができ、50または100GHzという連続する周波数間の小さな間隔で、ITU(国際電気通信連合)のグリッドの光周波数のいずれか1つを正確に得ることができる、同調可能レーザを提案する。したがって、本発明による同調可能レーザは、多数の波長で同調させることができる。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、特に、特に光学的切替えにおいて使用するために、非常に短い同調獲得時間を可能にすることを目的とする。

【0007】本発明はまた、寿命が改善され、単純化された制御エレクトロニクスを可能にする、同調可能なレーザの構成を目的とする。本発明はさらに、ノイズのな

い、大きなスペクトル純度を有する狭い周波数帯のレーザ放射を行うことを目的とする。

【0008】より厳密には、本発明は、光増幅媒質を含む第1の共振空洞と、第2の空洞を画定する前記第1の空洞の外側レフレクタとを有する、波長同調可能なレーザ(1)であって、前記レフレクタは、整数Nの光周波数について、反射率のピークを有し、第1の空洞は、第2の位相同調活性区間に結合された第1の増幅活性区間を画定し、波長選択性でない向かい合った2つのレフレクタエレメントで形成され、2つの区間の各々は、固有の電源に接続可能であり、前記第2の活性区間は、前記第2の活性区間に加えられた電圧に応じた電気光学効果によって調整可能な有効群屈折率を有し、前記第1および第2の活性区間は、前記第1の空洞のいずれかの2つの共振モードの光周波数間の差が、前記レフレクタのいずれかの2つの反射率ピークの光周波数の間の差に等しくなるように、寸法決めされることを特徴とする波長同調可能レーザに関するものである。

【0009】このようにして、第1の区間内に投入された電流は、第1の空洞のゲインを定める。さらに、その空洞は、波長選択性でないレフレクタエレメントによって画定され、空洞は、厳密に「ファブリーペロー」タイプである。こうして、いずれかの隣接する2つの共振モードの周波数の間の差は、実際に、第1の空洞を構成するエレメントの寸法と組成によって主に課せられる定数である。第2の区間に加えられた電圧を変化させることによって、この空洞の共振周波数の楕形(peigne)のスリップを引き起こす。これらの共振周波数の調整は、電気光学効果の結果生じる。位相同調区間の構造(PINタイプ)を通して逆方向に加えられた電場は、その活性層の屈折率、すなわち構造の有効群屈折率の対応値を課す。選択された構造によれば、電気光学効果は、フランツケルディシュ(Franz-Keldish)効果または量子閉じ込めのシュタルク(Stark)効果とすることができる。このようにして、第1の空洞の光波長は、加えられた電圧に応じて変えることができ、それは、共振周波数の楕形のスリップを引き起こす。

【0010】レフレクタが、第1の空洞に向かって、第1の空洞が放射する光の一部を送り返すので、また、いずれか2つの共振モードの光周波数間の差が、レフレクタのいずれか2つ反射率ピークの光周波数間の差に等しくなるように、第1の空洞が構成されることから、電圧の単純な調整によって、第1の空洞の共振周波数のいずれか1つと反射率ピークに対応する周波数のただ1つとを選択的に一致させることが可能になり、装置のレーザ振動が発生するのはこの単一の一致周波数によってである。

【0011】N個の反射率ピークを有する外部レフレクタは、すでに挙げた文献(2)に記載されているよう

に、サンプリングされたブラッグ格子型の導波路を用いて製作することができる。格子は、導波路に沿って規則正しく間隔をあけて、一定のピッチの一連のサンプルで構成することができる。この場合、周波数に応じたピーク反射率の係数は、格子のブラッグ周波数に対応する中央周波数からの基本正弦 (Sinus Cardinal) の形の包絡線に沿って減少していくだろう。各サンプルはまた、好ましくは、基本正弦関数に従って導波路に沿った屈折率プロファイルとともに製作されることができ、したがって、長方形の包絡線に沿って同じ値の反射率係数が得られる。この最後の実施形態は、レーザの閾値電流の条件が、あらゆる反射率ピークにとって同じである限りは有利である。こうして、第1の区間内に投入された電流を一定に留めることができ、その調整が促される。サンプリングされたブラッグ格子の構成についてのより詳細については、本明細書の最後の挙げられる文献(4)を参照することができるだろう。

【0012】反射率ピークのいずれか2つの隣接する光周波数間の差が一定である、実際に重要な特定のケースにおいては、さらに、好ましくは、反射率ピークの光周波数が、共振モードの連続する光周波数と交互配置される (entrelacee) ように構成される。常に、第1および第2の活性区間の適切な寸法決めによって得られたこうした構成から、選別された周波数 (または波長) の値が、加えられた電圧の単調関数であるような調整範囲が可能になる。したがって、このことから、電圧制御を単純化することができる。

【0013】好ましくは、この後者の場合、2つの共振モードの隣接する2つの光周波数間の差と、反射率ピークの隣接する2つの光周波数間の差との割合は、 $N/(N-1)$  に等しくなるように選択される。こうした構成は、選別された周波数の値から次の値への移行が、一定のピッチに従って共振モードの楕形のスリップによってなされることを保証する。その結果、調整範囲全体について同一の選択性が生じる。

【0014】好ましい実施形態においては、外部レフレクタは、第1の空洞に光学的に連結され、サンプリングされた少なくとも1つのブラッグ反射格子を備える導波路である。

【0015】サンプリングされたブラッグ格子を有する導波路は、1つのファイバ (「Sampled Fiber Bragg Grating」の略でSFBG) または、他の何らかの導波路、とりわけシリカまたは重合体を主成分とした平面型導波路とすることができる。

【0016】添付図を参照して、本発明の実施形態とその補足を以下に説明する。

【0017】

【発明の実施の形態】以下に説明する図1は、本発明によるレーザ1の一般的実施形態を示している。

【0018】レーザ1は、主に、軸線3によって概略的

に示された外部レフレクタに結合された半導体レーザタイプの構成部品20によって形成される。この構成部品20は、第1の共振空洞2内に含まれ、レフレクタ3は、第1の空洞に結合された第2の空洞11を画定する。

【0019】構成部品20は、たとえばInPでできた共通基板9上に形成され、その基板上に、互いに延長上に位置する結合された2つの部分7、8を有する活性層4が形成されている。活性層のこれら2つの部分7、8を案内するように、それらの部分は、図面上には示されていない閉じ込め層内にそれ自体よく知られた方法で埋め込まれる。

【0020】活性層の第1の部分7は増幅作用を持つ。それは、たとえば、第1のエピタキシーシーケンスによって形成された多重量子井戸で構成される。その後のエピタキシー段階によって形成された第2の部分8は、たとえばフランツケルディッシュ効果によって、電気光学効果を有することができる媒質で構成される。

【0021】活性層の2つの部分7、8は、それぞれ、ゲイン5と位相6の2つの区間を画定することができる。そのためには、表面が金属被覆された接触層10は、閉じ込め層の上方に位置する。こうして、2つの区間5、6は、接触層10に、および活性層4の上方に位置する閉じ込め層の一部に設けられた、切込み12によって電気的に絶縁される。したがって、ここには図示されていない下部電極に加えて、区間5、6は、それぞれ、搬送波の投入電流と制御電圧を受け取ることができる別個の上部電極を有する。したがって、こうした制御電圧によって、半導体レーザ20によって放射された出力に対して大きな影響を与えることなく、第1の空洞2の光波長を変えることができる。

【0022】図3により詳細に示しているように、レフレクタ3は、光ファイバのような導波路30の形をとることができ、この導波路に、サンプリングされたブラッグレフレクタ格子40 (「Sampled Bragg Grating」) が組み込まれる。このようなレフレクタは、分散ブラッグレフレクタ (「Distributed Bragg Reflector」またはDBR) 格子のサンプル31、33・・・および、各々がブラッグ格子を持たない均一な導波路の一部によって構成されたファブリーペロー区間32、34・・・の交互で構成される。以下に見られるように、サンプリングされたブラッグ格子を有する導波路の部分の全長を減少させることができる、有利な実施形態においては、複数のサンプリングされた格子は、同一の導波路区間に重ね合わせることができる。この場合、区間32、34・・・は、同じ波長を有するブラッグ格子を持たない。サンプリングされた格子全体は、反射率の楕形のピークを発生させ、各ピークは、レーザ1が同調されることができる波長に対応する。

【0023】第1の実施形態によれば、第1の空洞2は、構成部品20の反射後面13'と、半反射鏡を構成するために処理されるその前面13との間に形成される。こうして、第1の空洞2は、第1の区間5の外側面13'と第2の区間6の外側面13によって画定される。

【0024】この第1の実施形態においては、導波路30の入射面23、たとえばレンズの形のファイバの先端の反射率R2は、第3の空洞の形成を防ぐことができるように、できるだけ小さくしなければならない。構成部品20の前面13とファイバ30の入力面23を隔てる距離は、およそ数十ミクロンとすることができる。レフレクタ3によって反射した波の位相偏差の算出において、この距離を考慮に入れる必要がある。

【0025】第2の実施形態によれば、空洞2は、好ましくは、導波路30の反射後面13'と入射面23との間で画定することができるだろう。そのために、入射面23は、半反射鏡を構成する。この場合、活性層4の前面13は、擾乱反射を防ぐために、したがって追加空洞を作り出さないために反射率ができるだけ小さくしなければならないだろう。このような小さな反射率は、反射防止誘電体の固着によって、または面13の劈開平面の直交方向に対する活性層4によって形成された光学的導波路の傾斜によって、あるいはそれら2つの方法の組み合わせによって得ることができる。したがって、この実施形態においては、第1の空洞2は、第1の区間5の第1の外側面13'と、レフレクタ3を形成する導波路30の入射面23によって画定される。

【0026】図2は、点線で、第1の空洞2の作動モードの光周波数の間隔および重なり合いの例を、また実線で、レフレクタ3のN個(N=9)の反射率ピークに対応する光周波数の値を示している。光周波数wは、横座標に記され、反射率ピークの反射率の相対値Rは、縦座標に記されている。この例に従って、反射率ピークの隣

$$\Delta\lambda = \lambda^2 / 2 (n_1 L_1 + n_2 L_2)$$

この式において、 $\Delta\lambda$ は、空洞2の共振波長の連続する2つの値の間の間隔を示す。

【0032】その結果、3.2に近い $n_1$ および $n_2$ の値について、またITUグリッド内に含まれた波長について、さらに連続するチャネル間の100GHzの間隔をとまなう40チャネルについて、光周波数のこの範囲内で39以下の共振モードを可能にする空洞2が導かれ

$$\Delta n_2 = \lambda / (2 L_2)$$

【0034】フランツケルディッシュ効果によって得ることができる変化は、 $\Delta n_2 = 5 \times 10^{-3}$ となり、その結果、150 $\mu\text{m}$ の位相区間6については長さ $L_2$ が導かれる。こうして、連続するチャネル間の100GHz、または50GHzの間隔をとまなう40チャネルをカバーするために、活性区間5は、それぞれ、およそ300 $\mu\text{m}$ または770 $\mu\text{m}$ の長さ $L_1$ を有さなければな

接するいずれか2つの光周波数間の差は一定である。

【0027】2つの空洞間に完全な同調がない場合には、反射率ピークの光周波数の値は、第1の空洞2の共振モードに対応する光周波数の値と交互になり、その結果、第1の空洞2の共振モードの1つに対応する光周波数の唯一の値が、レフレクタ3の反射率ピークの光周波数の連続する2つの値の間の各間隔に存在する。言い換えれば、反射率ピークの光周波数は、共振モードの連続する光周波数と交互配置される。

【0028】さらに、空洞は、2つの共振モードの隣接する2つの光周波数間の差と、反射率ピークの隣接する2つの光周波数間の差との割合が、 $N / (N - 1)$ に等しくなるように、選択された。

【0029】このようにして、第2の区間6に加えられた制御電圧の値の変化によって、活性層4の第2の部分8の光学屈折率と、したがってその光波長が変えられる。その結果、第1空洞の共振楕形のスリップが生じ、それによって、レーザ1がレフレクタ3の第1の反射率ピークに対応する光周波数のいずれか1つにおいて放射する第1の作動モードから、レーザ1が、レフレクタ3の第2の反射率ピークに対応する光周波数のいずれか1つにおいて放射する第2の作動モードへ移行することが可能になる。

【0030】以下に、本発明の実施のために考慮に入れられるべき大きさの目安を挙げる。以下の説明は、光周波数のみを参照とするものではなく、光学部品領域においてはより一般的な、対応する波長(真空における)を参照して記される。

【0031】 $L_1$ および $n_1$ が、それぞれ、活性層4の第1部分7の長さおよび有効群屈折率を示し、 $L_2$ および $n_2$ が、それぞれ、その活性層の第2部分8の長さおよび有効群屈折率を示している場合、第1空洞2の共振モードの間隔またはピッチは、以下の式によって与えられる。

$$(1)$$

る。こうして、空洞の長さ $L_1 + L_2$ は、460 $\mu\text{m}$ に近くなる。50GHzの間隔であれば、この長さはおおよそ920 $\mu\text{m}$ となるであろう。

【0033】この光周波数の範囲をカバーするために、必要な有効群屈折率の変化 $\Delta n_2$ は、以下の式によって、活性層4の第2部分8の長さ $L_2$ および波長 $\lambda$ に応じて与えられる。

$$(2)$$

らない。

【0035】 $L_1$ および $L_2$ のためのこのような長さは、強い放射出力と狭い周波数帯の幅と両立性を有する。しかしながら、より大きな屈折率の変化を有するために、第2区間を構成する層の垂直構造を改善することが可能であり、その結果、長さ $L_2$ を小さくし、さらに相関的に長さ $L_1$ を大きくすることが可能である。こう

して、より大きな放射出力を得ることができる。第1空洞2のより良い制御とより大きなモードの選択性を得るために、共振波長間により大きな間隔を持つという利点を有することができる。そのことは、空洞の長さ $L_1 + L_2$ の減少によって得られる。

【0036】この空洞2の使用ゾーン内に含まれたファブリーペローの空洞2の共振周波数の数は、空洞2の長

$$d\Delta\lambda = 2 \times d(L_1 + L_2) (\Delta\lambda/\lambda)^2 \quad (3)$$

【0037】このようにして、連続するチャンネル間の50GHzの間隔については、空洞2の共振周波数の間隔の精度は、1GHz未満である。このように小さい偏差は、位相の制御区間6の制御に働きかけることによって容易に補正されることができる。

【0038】そのことは、本発明が、劈開法において「V'」字形を備えることを必要としないことを示している。それ自体よく知られた方法によって、V'字形は、 $\pm 5\mu\text{m}$ から $\pm 1\mu\text{m}$ の劈開精度を改善することができる技術方法である。

【0039】同様に、外部導波路30とともに形成された第2の空洞11の共振モードの制御は、レフレクタ3による戻り波内に導入された位相によって異なる。各反射率ピークについて導入された位相差は、互いに同じであり、たとえば $\pi/2$ となる。

【0040】そのことは、レーザー光を発するモードが、導波路30の始まりにおいて、たとえば制御された移相器の形で、位相の遅れを導入することによって、チャンネルの各々について同じ方法で制御されうことを意味している。このような制御された移相器は、四角形14によって図1に象徴的に示されている。上述したように、第1の実施形態におけるレーザーの第1空洞2と、導波路またはファイバ30の入り口とを隔てる距離は、およそ数十ミクロンとすることができる。レフレクタ3によって反射した波の位相偏差の算出において、距離を考慮に入れることが必要である。第2の実施形態においては、空洞2は、半導体型レーザー20の後面13'と導波路30の入り口23との間で画定され、計算内に入れるべき、追加移相は生じない。

【0041】次に、導波路30、第2の空洞11の形成、サンプリングされた格子40の特定の実施形態の例について、図3を参照して説明する。この図では、図1を参照してすでに説明したエレメントは再び記していない。図3は、3つの部分A、B、Cを有する。

【0042】部分Aでは、分散ブラッグ(SG DBR)のレフレクタ格子31、33・・・のサンプリングされた格子40が、光ファイバで構成された導波路30に製作される。光ファイバ30に向かい合った活性層4

$$\Delta\lambda_{pic} = \lambda^2 / (2n \times \Lambda_s)$$

【0049】サンプリング周期の数は、望ましい反射率の値によって異なる。この数は、得ることができるブラッグ格子の結合係数31、33(カッパ値)と、到達す

き $L_1 + L_2$ によって決定される。連続するチャンネル間の間隔に関する精度は、空洞の横断面の劈開段階のレベルで精度に依存している。この精度は、一般に、望ましい長さに対して $\pm 5\mu\text{m}$ である。空洞2の全長の変化 $d(L_1 + L_2)$ に応じた連続する共振波長間の間隔の変化 $d\Delta\lambda$ は、以下によって表すことができる。

の劈開された面13の反射率R1は、弱い閾値電流と強い出力とモノモード作動のために適合されなければならない。

【0043】図3の部分Bにおいては、導波路30は、重合体またはシリカでできた導波路である。その場合、ファイバと半導体レーザーとの間の自動心出し技術を使用することによって、たとえばシリコンでできた共通の基板15上に、半導体レーザー20と導波路30とを取り付けることが可能である。

【0044】図3の部分Cにおいて、導波路30は、半導体レーザー20および導波路30に共通な基板9'に製作することができる、InPでできた導波路である。

【0045】空洞2と導波路30との分離は、導波路30の入り口に面して位置する面13の鏡を形成するカッティング16によって、ケースBおよびCにおいて実施することができる。

【0046】次に、サンプリングされたレフレクタ格子40の実施形態について、図4を参照して説明する。

【0047】上述したように、サンプリングされたレフレクタ格子(「Sample Grating」)40は、各々が、分散ブラッグレフレクタ(「Distributed Bragg Reflector」の略でDBR)格子31、33・・・と、ブラッグ格子のサンプルをもたない導波路の一部によって構成されたファブリーペローの区間32、34・・・の交互によって構成される。

【0048】ブラッグレフレクタ格子のサンプルの長さ、ファブリーペロー空洞の長さを加えることによって形成されたサンプリング周期の長さ $\Lambda_s$ は、反射率ピークに対応する周波数のために望ましい間隔によって異なる。たとえば、1.5の屈折率 $n$ を有するシリカまたは重合体でできた導波路については、この周期は、それぞれ100または50GHzの間隔については1mmまたは2mmとなる。反射率ピークの波長の間隔 $\Delta\lambda_{pic}$ と、ピークの波長 $\lambda$ と、導波路の屈折率 $n$ と、サンプリング周期の長さ $\Lambda_s$ との間の関係は、以下の式によって与えられる。

$$(4)$$

べき反射係数の値に応じて、10から15となる。そのことから、数mmのサンプル格子の長さが導かれる。10から15までの間の周期数、すなわち1.5に近い $n$

の値と、1ナノメートルに等しい $\Delta\lambda_{pic}$ （およそ100GHzの周波数の間隔に対応する）については、 $\Lambda_s$ は、800 $\mu m$ 付近である。こうして、10から15周期で構成された格子については、全長はおよそ8から12mmとなる。およそ50GHzの周波数における間隔については、この全長は二倍、すなわち16から24mmとなる。

【0050】有利には、格子は、サンプリング周期において一定でないピッチを有することができる（チャープ格子）。この「チャープ」格子のタイプは、本明細書の最後に挙げられる参考文献（3）に記されているように、レーザモードの安定化のために非常に有益である。

【0051】製造しやすくするために、図3部分Aに示されているようなファイバまたは、図3部分Bに示されているようなシリカまたは重合体でできた導波路において、サンプリングされた格子を製作することが好ましい。シリカまたは重合体による導波路またはファイバの場合には、ブラッグ格子のサンプル31、33は、直接焼付けによって製作することができる。とりわけ、シリカでできた導波路またはファイバの場合には、これらの導波路のよく知られた利点（小さい損失、よく制御された技術、信頼度）に加えて、これらの導波路の光学屈折率は、導波路の均一な照射方法によって連続的に調整することができる点に留意すべきである。屈折率 $n$ の値のこうした調整は、反射率ピーク $\Delta\lambda_{pic}$ の波長間隔の微調整を可能にする。

【0052】サンプリングされた格子はまた、図3部分Cに示されているようなInPでできた導波路に組み込むことができる。しかしながら、これらの格子を製作するために必要な長さ（数mm）は、実際に現実的な製作の困難を導く恐れがあることが留意される。この長さを小さくするために、図4を参照して以下に説明する方法を使用することができる。

【0053】ブラッグの分散レフレクタ格子のサンプル31、33と、ファブリーペロー空洞との交互によって構成された、サンプリングされた格子40の周期 $\Lambda_s$ は、反射率ピーク周期に対応する波長の間隔に逆比例することをすでに見てきた（関係式4）。図4部分Aには、たとえば、サンプリングされた格子40が、反射率ピークのために100GHzの間隔に対応する周期 $\Lambda_s$ を有する導波路が示されている。この間隔は、図4部分Bに示されているような格子の波長 $\lambda_b$ に関連する。

【0054】図4部分CおよびDに示されている実施形態において、ブラッグの第1の波長 $\lambda_{B1}$ に対応する、ブラッグ分散レフレクタを有するサンプリングされた第1の格子のサンプル31、33は、場合によっては最初と最後を除き、 $\lambda_{B1}$ と異なる第2のブラッグ波長 $\lambda_{B2}$ に対応するブラッグ分散レフレクタを有するサンプリングされた第2の格子のサンプル31'、33'と交互に置かれる。図4部分Cに示されている実施形態にお

いては、第2格子のサンプルは、ブラッグの分散レフレクタの第1格子の2つのサンプル間の区間の中央に位置する。このようにして、導波路の同一の長さについて、サンプリングされた導波路の反射率ピークに対応する波長の連続する値間の2分の1の間隔が得られる。この結果、たとえば、50GHzの波長間隔をあけた中央波長 $\lambda_{b1}$ と $\lambda_{b2}$ とによって、50GHzの互いに間隔をあけた反射率ピークを得ることができ、一方、2つの格子の各々は、100GHzの連続するピーク間隔に対応する。

【0055】同じ原理を数回繰り返すことができ、その結果サンプリングされたレフレクタの長さ40は、2分の1の数回分短くすることができる。

【0056】たとえば、3.2の光学屈折率を有するInP導波路を辿った、反射率ピークの連続する周波数間の100GHzの間隔をともしなうシステムについては、4つの格子をたどるとき、サンプリング周期はおよそ120 $\mu m$ となる。このことから、10周期の格子について、1.2mmのサンプリングされたレフレクタが導かれ、それは、InPでできた導波路において製作可能となる。サンプリングされた格子40のこの実施形態の利点の1つは、周期数を増大することができることから、100または200 $cm^{-1}$ より大きな結合係数を有する、ブラッグ分散レフレクタ格子を製作することができる点にある。

【0057】上述したサンプリングされた格子の実施形態においては、互いに重ね合わされた複数のサンプリングされた格子を有することができるように、 $\Lambda_s$ のために一定の値を保つことによって、さらにサンプリングされた各格子の波長を変化させることによって、関係式4が使用された。この式の利点は、 $\Lambda_s$ が一定であるので、サンプリングされた格子の周期数に関係なく、連続するブラッグ格子が、互いに正確に区別され、常に互いに同じ距離に置かれる点である。サンプリングされた格子の周期数が小さい場合には、重なり合わされた各格子の波長 $\lambda$ に対してだけでなく、互いの中に重なり合わされた複数のサンプリングされた格子を有することができるように、周期性 $\Lambda_s$ にも働きかけることができる。 $\Lambda_s$ についての異なる値とこのように重なり合いは、格子の跡が特定の点で重なり合わない限り実施することができる。

【0058】図3部分Cを参照することによってすでに説明してきたように、ファブリーペローの空洞2の反射面13は、半導体に直接カッティングすることができる。

【0059】本発明によるレーザにおいては、同調制御およびそれに関連付けられたエレクトロニクスの簡略性は、同調が、制御の唯一の大きさ、すなわち第2区間6に加えられた制御電圧に働きかけることによって得られることから生じる。同調の実施の迅速性は、本質的に非



常に迅速な電気光学効果の一体となった使用と、制御エレクトロニクスの簡略性とに起因する。同調周波数の変化が、搬送波の投入によって得られる、(2)に示されているように同調可能なレーザにおいては、同期されるように少なくとも2つの電流に働きかけることが必要となる。

【0060】参考として挙げた文献(1)、(2)、(3)、(4)は以下の通りである。

(1) F. Delorme等、IEE Photonics Technology Letters, Vol. 17, No. 3, P. 269, 1995年3月号。

(2) J. F. Lemieux, M. Tetu, Electronic Letters, Vol 35, No. 11, P. 904, 1999年5月号。

(3) P. A. Morton等。「Stable and single mode hybrid laser with high power and narrow linewidth」、Applied Physics Letters, Vol 64, No. 20, 1994年5月16日号。

(4) Morton Ibsen等。「Sinc-Sampled Fiber Bragg Gratings for Identical Multiple Wavelength Operation」IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 10, No. 6, 1998年6月号, p. 842-844。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一般的実施形態を示す図である。

【図2】第1の空洞の共振周波数の値と、外部レフレクタの反射率ピークの周波数の値との重なり合いを示す図である。

【図3】部分A、B、Cを有し、サンプリングされたブラッグ格子を有する導波路と第1の空洞との間の種々の結合および実施形態を示す図である。

【図4】部分A、B、C、Dを有し、前記格子の長さを小さくできる、サンプリングされた格子の特定の実施形態を示す図である。

【符号の説明】

- 1 レーザ
- 2 空洞
- 3 外部レフレクタ
- 4 活性層
- 5 第1の活性区間
- 6 第2の活性区間
- 7 第1部分
- 8 第2部分
- 10 接触層
- 12 切込み
- 13 外側面
- 13' 外側面
- 14 四角形
- 20 半導体レーザ
- 23 入射面
- 30 導波路

【図1】

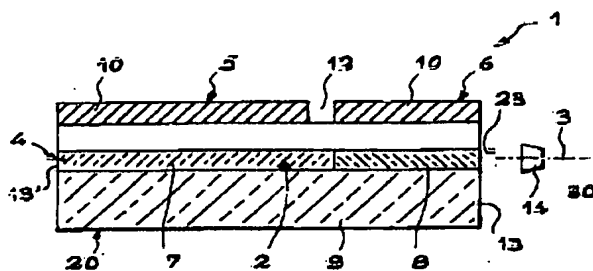


FIG. 1

【図2】

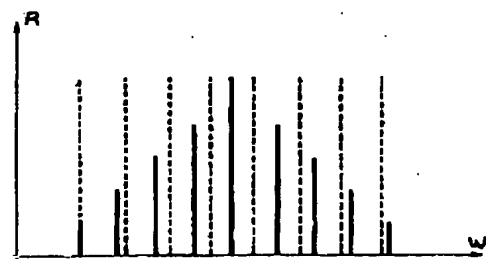
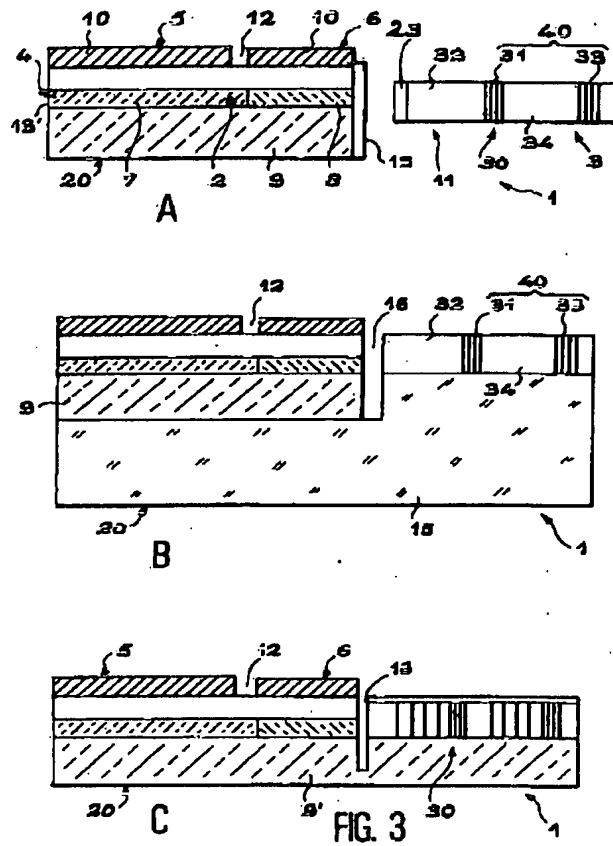
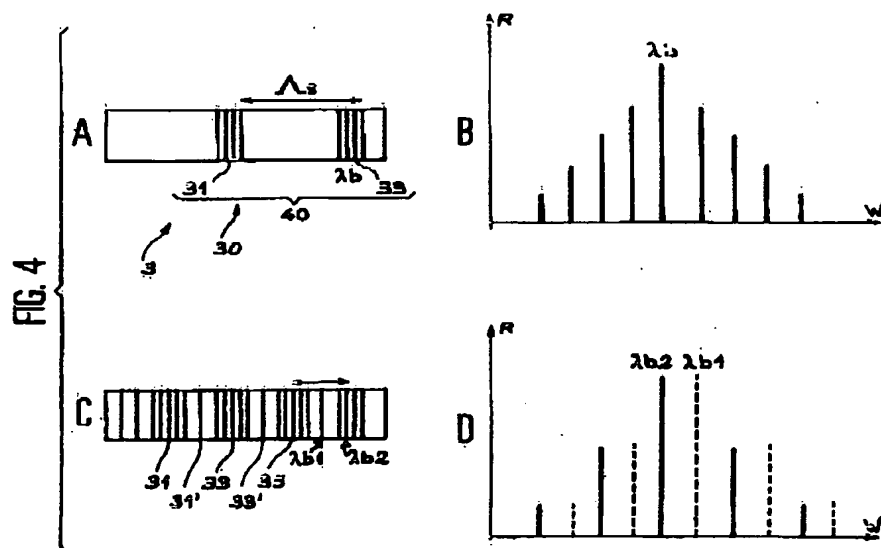


FIG. 2

【図3】



【図4】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H049 AA06 AA51 AA59 AA62  
5F073 AA65 AA67 AA74 AA89 AB03  
AB29 BA02 CA01 EA04 EA14